

PARTIAL TRANSLATION OF DE 196 19 899 A1
Claims 1, 4, 7, 10

1. Microprocessor controlled apparatus for muscle driven vehicles, preferred bicycles, in the following called bicycle data recorder for sensing, evaluating, displaying and recording/storing of run data as way, time, step frequency, pulse, inclination, atmospheric pressure, velocity, daily kilometers, total kilometers, average speed, maximum speed, gradient, absolute height meters.
4. Apparatus according to one or more of claims 1 to 3, characterized by the possibility to input the weight of the driver and the vehicle for calculating the power.
7. Apparatus according to one or more of claims 1 to 6, characterized by the possibility to calculate and display the power produced by the driver or to be produced by determining the run resistance consisting of the roll resistance, the air resistance, the gradient resistance and the acceleration resistance.
10. Apparatus according to one or more of claims 1 to 9, characterized by the possibility to assign actually determined run data on the number of wheel rotations (= covered distance) or the run time to sets of data stored in the apparatus of previous ways and to compare these during and/or after the run.

Column 2, lines 59 to 61, 66 et seq.

The display is preferably an alphanumerical (or graphical) LCD display with an optional illumination. A display embodiment of a LCD or a plasma technique is also possible.

The inputting field is realized by a web keyboard or single keys. Plurality of functions of the different keys is also possible. The designation of the key functions can take place by writing onto the keys. In a suitable arrangement of keyboard and display the actual key functions can be displayed in the display.

La 1605 - 14 629.2:02



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 196 19 899 A 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 P 5/10
G 01 P 5/14
A 61 B 5/22
G 07 C 5/08
G 01 C 23/00
B 62 J 39/00

②1 Aktenzeichen: 196 19 899.2
②2 Anmeldetag: 18. 5. 96
④3 Offenlegungstag: 20. 11. 97

DE 196 19 899 A 1

⑦1 Anmelder:

Uhrig, Roger, 64720 Michelstadt, DE; Dingeldein,
Klaus, 64720 Michelstadt, DE

⑦2 Erfinder:

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Fahrrad-Daten-Recorder zum Ermitteln, Auswerten, Anzeigen und Aufzeichnen von Fahrdaten und Leistungen

⑤7 Mikroprozessor gesteuerter Fahrrad-Daten-Recorder zum Erfassen, Auswerten, Anzeigen und Aufzeichnen/Speichern von Fahrdaten wie Weg, Zeit, Trittfrequenz, Pulsfrequenz, Neigung, Luftdruck, Staudruck, Geschwindigkeit, Tageskilometer, Gesamtkilometer, Durchschnittsgeschwindigkeit, Maximalgeschwindigkeit, Steigung, absolute Höhe und kumulierte Höhenmeter, Luftdruck, Temperatur.

Die aufgezeichneten Daten können über eine Schnittstelle an einen Personalcomputer überspielt werden. Dies erlaubt eine zusätzliche Speicherung und Auswertung der Daten, als auch das Einspeichern eines Datensatzes als Referenz. Aktuelle Daten können über eine Sende-Empfangseinheit (Telemetrie) zu einem baugleichen Gerät oder einer externen mobilen oder stationären Sende-Empfangseinheit uni- oder bidirektional übertragen werden.

Der Fahrrad-Daten-Recorder ermöglicht die Berechnung der momentanen Leistung des Fahrers. Er kann die aktuellen Fahr- und Leistungsdaten zu jedem Zeitpunkt mit bereits gespeicherten Referenzdaten vergleichen.

DE 196 19 899 A 1

Beschreibung

Seit mehreren Jahren sind für muskelbetriebene Fahrzeuge, vorzugsweise Fahrräder, elektronische Geschwindigkeits- und Wegmeßgeräte, sogenannte Fahrradcomputer, auf dem Markt. Diese Geräte sind in der Lage, physikalische Größen wie Zeit, Weg, Trittfrequenz, Steigung und die Pulsfrequenz des Fahrers aufzunehmen und diese Größen sowie davon abgeleitete Größen (z. B. Geschwindigkeit, Durchschnittsgeschwindigkeit, max. Geschwindigkeit etc.) unmittelbar auf einem elektronischen Display anzuzeigen.

Bei stationären Ergometern oder Hometrainern ist es darüberhinaus möglich, Streckenprofile vorzuprogrammieren, die abschnittsweise die Belastung über eine bestimmte Zeit oder Wegeinheit vorgeben. Ergometer sind somit in der Lage, die Leistung über die vorgegebene Belastung und die Trittfrequenz zu ermitteln und auch über den Streckenverlauf aufzuzeichnen. Ebenso ist es möglich, während einer Trainingseinheit die aktuelle Leistung mit einer bereits abgespeicherten Leistung zu vergleichen. Es können auch fiktive Leistungsvorgaben auf eine Strecke programmiert werden, so daß das Fahren mit einem "Gegner" möglich ist.

Diese Art der Leistungsermittlung ist auf stationäre Geräte beschränkt. Da jedoch nicht nur die Leistung, sondern auch die Fahrtechnik trainiert werden soll, ist es sinnvoll eine Leistungsermittlung am realen Fahrrad vorzunehmen.

Für eine Leistungsermittlung an einem realen Fahrrad ist im Unterschied zu stationären Ergometern die zusätzliche Erfassung der Fahrwiderstände, wie z. B. Luftwiderstand, Rollwiderstand, Steigungswiderstand und Beschleunigungswiderstand, erforderlich.

Bislang kann man diese Fahrwiderstände nur mit einer Meßkurbel erfassen, deren Anschaffung und Montage am Fahrrad teuer und aufwendig und somit in der Regel für den Radfahrer ungeeignet ist.

Somit dient für gewöhnlich die Durchschnittsgeschwindigkeit als ein Maß für die erbrachte Leistung. Die Durchschnittsgeschwindigkeit, die man am Ende einer gefahrenen Trainingseinheit erreicht hat, läßt sich gut mit den Durchschnittsgeschwindigkeiten früherer Trainingseinheiten, die sinnvollerweise über die gleiche Strecke geführt haben, vergleichen und erlaubt somit eine Einschätzung der Entwicklung der persönlichen Leistung. Bei dieser Betrachtung zeigen sich zwei Probleme:

1. Ein objektiver Vergleich mit früheren Trainingseinheiten ist anhand der erzielten Durchschnittsgeschwindigkeit erst am Ende einer Trainingseinheit möglich. Nun ist es dem Fahrer nicht mehr möglich, eine daraus gewonnene Leistungseinschätzung und Motivation umzusetzen, da die Trainingseinheit zu Ende ist. Während der nächsten Trainingseinheit bleibt dem Fahrer nur seine Erinnerung an die frühere Trainingseinheit. Was ihm fehlt, ist eine unmittelbare objektive Vergleichsmöglichkeit der aktuellen Fahrdaten (z. B. Geschwindigkeit, Leistung) mit den entsprechenden Fahrdaten einer vorherigen Trainingseinheit, die sinnvollerweise über die gleiche Strecke geführt hat, oder mit Vorgaben des Trainers. Damit hätte der Fahrer eine persönliche Marschtafel, die ihm während der Trainingseinheit individuelle Fahrdaten vorgibt.

2. Die Durchschnittsgeschwindigkeit repräsentiert die erbrachte Leistung nur unzureichend, da die

Fahrwiderstände nicht erfaßt werden und dies somit keine echte Leistungsermittlung darstellt. Bei einer echten Leistungsermittlung werden die Fahrwiderstände berücksichtigt, womit sich während und nach der Trainingseinheit eine exakte Aussage über die erbrachte Leistung machen läßt. Diese Leistungsermittlung erlaubt die genaue Kenntnis der erbrachten Leistung abhängig von den äußeren Gegebenheiten. Somit kann z. B. die erbrachte Leistung bei einer Trainingseinheit mit starkem Gegenwind trotz niedriger Durchschnittsgeschwindigkeit höher sein als bei einer Trainingseinheit ohne Gegenwind mit hoher Durchschnittsgeschwindigkeit. Aus dem gleichen Grund erlaubt die Durchschnittsgeschwindigkeit keinen aussagekräftigen Vergleich von Trainingseinheiten die über verschiedene Strecken (eben oder bergig) führen.

Durch das Erfassen und Aufzeichnen der Gegebenheiten einer realen Fahrstrecke (Trainingseinheit) wie z. B. Weg, Zeit, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Steigung, Temperatur, Staudruck und Luftdruck mit einem mobilen Gerät ist es möglich, eine universelle Auswertung zu machen, die oben beschriebene Probleme löst.

Die Lösung dieser Probleme wird am folgenden Ausführungsbeispiel erläutert.

Bei dem Fahrrad-Daten-Recorder handelt es sich um ein mobiles Mikroprozessor-gesteuertes Gerät mit eigener Stromversorgung durch Batterien Akkumulatoren und/oder Solarzellen, welches vorzugsweise für den Einsatz an Fahrrädern oder sonstigen muskelbetriebenen Fahrzeugen bestimmt ist. Er besteht aus folgenden Funktionseinheiten, die vorzugsweise in einem Gehäuse integriert sind: (siehe Fig. 1).

CPU, Central Processing Unit

Die Zentraleinheit besteht aus einem Mikrocomputer.

Speicher

Die Speicherung von Daten und Programm erfolgt in elektronischen Speicherbausteinen vom Typ RAM, EEPROM oder Flash-RAM oder einer Kombination dieser Speichertypen. Der Speicher kann auf der Mikrocomputer-Platine integriert sein oder mit separaten Bausteinen realisiert werden.

Uhr/Zeit

Für Zeit- und/oder Timer-Funktionen wird vorzugsweise die interne Systemuhr des Mikrocomputers verwendet. Wahlweise kann ein DCF-Funkuhrmodul das Zeitsignal bereitstellen.

Display

Beim Display handelt es sich vorzugsweise um ein alphanumerisches (wahlweise graphisches) LCD-Display mit optionaler Beleuchtung. Ebenso ist eine Displayausführung in LED- oder Plasmatechnik möglich.

Eingabefeld

Das Eingabefeld ist als Folientastatur oder mit Einzel-tastern ausgeführt. Eine Mehrfachbelegung der Tasten mit verschiedenen Funktionen ist möglich. Die Kenn-

zeichnung der Tastaturbelegung geschieht über eine Beschriftung der Tastatur. Bei geeigneter Anordnung von Tastatur und Display kann die aktuelle Tastaturbelegung auf dem Display angezeigt werden.

PC-Schnittstelle

Bei der PC-Schnittstelle handelt es sich vorzugsweise um eine serielle Schnittstelle für bidirektionalen Datenaustausch. Die Verbindung zum PC wird vorzugsweise mittels Kabel hergestellt. Wahlweise ist auch eine Ausführung mit drahtloser Übertragung (z. B. Infrarot) möglich.

Sensor-Schnittstelle

Die Sensor-Schnittstelle setzt die von den Sensoren kommenden Signale in für die CPU verarbeitbare Signale um. Die Form der eingehenden Signale kann analog oder digital sein.

Telemetrie (Sender/Empfänger)

Die Telemetrie erlaubt einen uni- oder bidirektionalen Datenaustausch zwischen dem Fahrrad-Daten-Recorder und einer externen Telemetrie-Einheit (stationär, mobil oder ein anderer Fahrrad-Daten-Recorder) im Online-Betrieb (Echtzeit).

Per Telemetrie können jegliche Daten und Parameter ausgetauscht und zur Auswertung, Speicherung oder Anzeige bereit gestellt werden. Somit ist auch der Datenaustausch zwischen zwei Fahrrad-Daten-Recordern möglich.

Der Fahrrad-Daten-Recorder ist mit Sensoren verbunden, die folgende Größen aufnehmen können: Weg (Fahrstrecke), Staudruck, Luftdruck, Temperatur, Neigung (Winkel), Trittfrequenz und Pulsfrequenz.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele von Sensoren beschrieben, welche in der Lage sind, die oben genannten Größen zu erfassen. Alle Sensoren liefern elektrisch auswertbare Signale.

Weg-Sensor

Die Wegmessung erfolgt durch das Zählen der Radumdrehungen und der anschließenden Multiplikation der Anzahl der Radumdrehungen mit dem Radumfang. Zum Erfassen der Radumdrehungen wird vorzugsweise ein elektromagnetisches System, wobei ein oder mehrere im Vorder- oder Hinterrad montierte Magnete an einem am Rahmen angebrachten Reed-Kontakt oder Hall-Sensor berührungslos passieren und pro Radumdrehung ein oder mehrere Impuls-Signale erzeugen.

Staudruck / True-Air-Speed-Sensor

Der Staudruck wird vorzugsweise nach dem Prinzip des Pitot-Rohrs ermittelt. Die Differenz zwischen Gesamtdruck im Staupunkt und dem Umgebungsdruck wird mit einem Differenzdrucksensor erfaßt, dessen Signalumwandlung z. B. piezoresistiv erfolgt. Wahlweise ist auch eine Ausführung mit einem Heißfilm-Anemometer möglich.

Luftdruck-Sensor

Die Messung des Luftdrucks erfolgt vorzugsweise mit einem Relativedrucksensor, dessen Signalumwandlung

z. B. piezoresistiv erfolgt.

Temperatur-Sensor

Der Temperatursensor ist z. B. als temperaturabhängiger Widerstand (PTC, NTC), temperaturabhängiger Transistor und/oder Thermoelement ausgeführt.

Neigungs-Sensor

Als Neigungs-Sensor kommt vorzugsweise ein Sensor mit einem kapazitiven Meßverfahren zum Einsatz, wobei die neigungsbedingte Änderung eines Flüssigkeitspegels das Ausgangssignal winkelproportional verändert.

Trittfrequenz-Sensor

Die Trittfrequenz wird durch die Normierung der Anzahl der Kurbelumdrehungen auf eine Zeiteinheit ermittelt. Die Anzahl der Kurbelumdrehungen wird analog zur Erfassung der Anzahl der Radumdrehungen bei der Wegmessung ermittelt, jedoch ist der rotierende Magnet am Kurbelarm befestigt.

Pulsfrequenz-Sensor

Die Pulsfrequenzmessung erfolgt mit einem handelsüblichen Sensor-Brustgurt mit drahtloser Signalübertragung.

Aus den erfaßten Eingangsgrößen ist der Fahrrad-Daten-Recorder in der Lage, unter anderem folgende Größen abzuleiten: Geschwindigkeit relativ zur Fahrbahn (momentan, maximal, Durchschnitt), Fahrstrecke (Tages-km, Gesamt-km), Geschwindigkeit relativ zur umgebenden Luft (True-Air-Speed), Gegenwindgeschwindigkeit, Beschleunigung, Höhe, gefahrene Höhenmeter (aktuell, gesamt), Fahrzeit, Stoppuhr, Leistung (momentan, maximal, Durchschnitt), geleistete Arbeit über die gefahrene Strecke, Steigung (Grad, Prozent).

Der Fahrrad-Daten-Recorder ist wie ein herkömmlicher Fahrradcomputer in der Lage, die erfaßten Daten auf einem Display anzuzeigen. Darüberhinaus kann er die ermittelten Daten aufzeichnen/speichern und über eine Schnittstelle an einen Personal Computer (PC) überspielen. Jede neue Strecke kann im PC zu Hause abgespeichert und ausgewertet werden. Weiterhin ist die Editierung der aufgezeichneten Daten möglich, so daß künstliche Marschtabellen erstellt werden können.

Eine ausgedruckte Darstellung der aufgezeichneten Daten erlaubt dem Fahrer z. B. die Erstellung eines detaillierten persönlichen Fahrtenbuchs oder den grafischen Ausdruck des Höhenverlaufs einer gefahrenen Strecke (Streckenprofil, Höhenmeter über Fahrstrecke).

Die PC-Schnittstelle erlaubt es, Fahrdaten wieder vom PC in den Fahrrad-Daten-Recorder einzuspeichern, so daß diese mit aktuellen Fahrdaten verglichen werden können.

Aufgrund der verwendeten Sensorik und der leistungsfähigen CPU ist es mit dem Fahrrad-Daten-Recorder möglich, eine Leistungsermittlung vorzunehmen, welche auch die Fahrwiderstände erfaßt und somit ein wesentlich genaueres Maß für die erbrachte Leistung darstellt als die Durchschnittsgeschwindigkeit. Nun läßt sich die erbrachte Leistung von beliebigen Trainingseinheiten auch über verschiedene Strecken (eben oder bergig) vergleichen.

Die oben beschriebene Möglichkeit, bereits gefahrene Strecken als Referenz wieder in der Fahrrad-Daten-Recorder einzuspeichern, stellt dem Fahrer eine Marschtabelle zur Verfügung, die ihm während der Trainingseinheit individuelle objektive Fahrdaten vorgibt (unabhängig von seiner subjektiven Erinnerung).

Der Fahrer hat bei seiner Trainingseinheit eine stetige Vergleichsmöglichkeit zwischen den aktuellen Fahrdaten und den entsprechenden Referenz-Fahrdaten seiner letzten Trainingseinheit, die sinnvollerweise über die gleiche Strecke geführt hat.

Der Fahrer kann sich Vergleichswerte von ausgewählten aktuellen Fahrdaten mit den entsprechenden Referenz-Fahrdaten darstellen lassen, z. B. um wieviele Stundenkilometer er schneller oder langsamer ist als das letzte mal (Fig. 2). Die Zuordnung der aktuellen Fahrdaten zu den Referenz-Fahrdaten erfolgt vorzugsweise über die Anzahl der Radumdrehungen (= zurückgelegter Weg) oder die Fahrzeit.

Durch die Ermittlung seiner erbrachten Leistung und die stetige objektive Vergleichsmöglichkeit mit Referenz-Fahrdaten hat der Fahrer nun die Möglichkeit, während des Trainings zu entscheiden, ob er seinen Leistungseinsatz erhöht oder vermindert, da er in jedem Moment sehen kann, ob er mit seiner momentanen Leistungsabgabe sein Trainingsziel über- oder unterschreitet.

Weiterhin bietet der Fahrrad-Daten-Recorder die Möglichkeit, aufgrund des Vergleichs der aktuellen mit den Referenz-Fahrdaten bestimmte Fahrdaten auf das Ende der Trainingseinheit hochzurechnen, wie z. B. die voraussichtliche Gesamtfahrzeit, die voraussichtliche Ankunftszeit, die voraussichtliche Durchschnittsgeschwindigkeit oder die voraussichtlich erbrachte Leistung.

Die Telemetrieausrüstung erlaubt es, mit einer mobilen oder stationären Sende-Empfangeinheit die ermittelten Daten im Online-Betrieb z. B. per PC auszuwerten. Somit hat z. B. ein Trainer die momentanen Fahrdaten des Fahrers zur Verfügung und kann gegebenenfalls nun auch während des Trainings neue Vorgaben machen. Ebenso ist eine medizinische Überwachung des Fahrers (Herzfrequenz) möglich.

Ein weiteres Einsatzfeld der Telemetrie des Fahrrad-Daten-Recorders sind Sportreportagen. Es ist nun möglich, die aktuellen Fahrdaten besonders bei Live-Übertragungen von Sportveranstaltungen rund ums Fahrrad für die Berichterstattung heranzuziehen (z. B. Einblendung von aktuellen und Referenz-Fahrdaten in das laufende Fernsehbild).

Der Datenaustausch zwischen zwei Fahrrad-Daten-Recordern per Telemetrie erlaubt bei einem Radrennen einem mit einem Fahrrad-Daten-Recorder ausgestatteten Ausreißer, sich jederzeit seinen momentanen Vorsprung (Zeit, Weg) gegenüber einem mit Fahrrad-Daten-Recorder ausgestatteten Mannschaftskameraden im Hauptfeld aufgrund der übermittelten Fahrdaten anzeigen zu lassen.

Vorzüge des Fahrrad-Daten-Recorders gegenüber herkömmlichen Fahrrad-Computern oder Meßkurbeln oder stationären Ergometern.

Erfassen, Auswerten, Anzeigen und Aufzeichnen / Speichern jeglicher Fahrdaten.

Aufzeichnung des geometrischen Streckenprofils.

Überspielmöglichkeit der aufgezeichneten Daten an einen Personal Computer. Erstellung eines detaillierten Fahrtenbuchs.

Einspeichern der Fahrdaten bereits gefahrener Strecken vom Personal Computer in den Fahrrad-Daten-Recorder als Referenz-Fahrstrecke (Marschtabelle).

Einspeichern von per Hand erstellten Marschtabellen.

Stetige Vergleichsmöglichkeit aktueller Fahrdaten mit im Gerät gespeicherten Referenz-Fahrdaten.

Leistungsermittlung am realen Fahrrad.

Einfache Ermittlung der relevanten Parameter für die Leistungsermittlung bei verschiedenen Fahrer-Fahrzeug-Kombinationen mittels Ausrollversuch.

Ermittlung des Luftwiderstands.

Ermittlung des Rollwiderstands.

Ermittlung der Geschwindigkeit relativ zur umgebenden Luft (True-Air-Speed).

Ermittlung der Gegenwindgeschwindigkeit.

Möglichkeit, Fahrdaten auf das Ende der Trainingseinheit hochzurechnen, wie z. B. die voraussichtliche Gesamtfahrzeit, etc.

Möglichkeit des Austausches jeglicher Daten per Sende-Empfangeinheit (Telemetrie) mit einem baugleichen Gerät oder einer externen mobilen oder stationären Sende-Empfangeinheit im Online-Betrieb.

Theorie der Leistungsermittlung

Eine exakte Ermittlung der erbrachten Leistung setzt die genaue Kenntnis der Fahrwiderstände voraus. Die Ermittlung dieser Fahrwiderstände wird im folgenden beschrieben.

Für die Leistung P gilt:

Leistung = Fahrwiderstand • Geschwindigkeit • Wirkungsgrad

$$P = F_w \cdot v \cdot \Phi$$

Dabei stellt v die Geschwindigkeit gegenüber der Fahrbahn dar. Mit dem Faktor Φ wird dem mechanischen Wirkungsgrad des Antriebs Rechnung getragen. Der Fahrwiderstand setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

(Siehe Fig. 3)

Fahrwiderstand = Luftwiderstand + Rollwiderstand + Steigungswiderstand + Beschleunigungswiderstand

$$F_w = F_{w\text{Luft}} + F_{w\text{Roll}} + F_{w\text{Steig}} + F_{w\text{Beschl}}$$

a) Steigungswiderstand

Für den Steigungswiderstand gilt:

Steigungswiderstand = Masse • Erdbeschleunigung • sin(Steigungswinkel)

$$F_{w\text{Steig}} = m \cdot g \cdot \sin \alpha_{\text{Steig}}$$

Für eine exakte Ermittlung des Steigungswiderstands ist neben der Erfassung der Steigung der Fahrstrecke auch die Kenntnis der Masse von Fahrer und Fahrzeug erforderlich. Die Erdbeschleunigung kann näherungsweise als konstant betrachtet werden.

b) Luftwiderstand

Für den Luftwiderstand gilt:

Luftwiderstand = Luftwiderstandsbeiwert • Stirnfläche • Staudruck

$$F_{wLuft} = c_w \cdot A \cdot q$$

Für den Staudruck q gilt:

$$\text{Staudruck} = \frac{1}{2} \cdot \text{Luftdichte} \cdot (\text{relative Geschwindigkeit})^2$$

$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{rel}^2$$

Dabei ist $\rho = f(\text{Temperatur; Luftdruck})$ und v_{rel} stellt die Geschwindigkeit relativ zur umgebenden Luft dar (True-Air-Speed). Der Staudruck läßt sich mit einem entsprechenden Drucksensor oder einem Luftstromsensor ermitteln.

Der Wert für die Luftdichte ρ kann durch das Messen der Temperatur und des Luftdrucks korrigiert werden.

Die Ermittlung des Luftwiderstandsbeiwertes c_w und der Stirnfläche A findet in der Regel im Windkanal statt. Aufgrund der Verschiedenheit der betrachteten Fahrräder und Fahrer wäre für jede Fahrer-Fahrzeug-Kombination ein Windkanal-Versuch erforderlich. Diese Messungen sind jedoch sehr aufwendig und teuer und somit wenig praktikabel.

Ebenso würde die Annahme von fixen Werten für c_w und A für verschiedene Fahrer-Fahrzeug-Kombinationen die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten nur unzureichend berücksichtigen.

Eine einfache und praxisnahe Ermittlung von c_w und A läßt sich mit einem Ausrollversuch (siehe unten) durchführen.

c) Rollwiderstand

Für den Rollwiderstand gilt:

$$\text{Rollwiderstand} = \text{Rollwiderstandsbeiwert} \cdot \text{Masse} \cdot \text{Erdbeschleunigung}$$

$$F_{wRoll} = f_r \cdot m \cdot g$$

Der Rollwiderstand F_{wRoll} kann zusammen mit dem Luftwiderstand in einem Ausrollversuch (siehe unten) ermittelt werden.

d) Beschleunigungswiderstand

Im Gegensatz zu den bisher erwähnten stationären Fahrwiderständen handelt es sich beim Beschleunigungswiderstand um eine instationäre Kraft. Sie tritt dann auf, wenn der Fahrer seine Geschwindigkeit ändert, d. h. eine Beschleunigung stattfindet.

Für den Beschleunigungswiderstand gilt:

$$\text{Beschleunigungswiderstand} = \text{Masse} \cdot \text{Beschleunigung}$$

$$F_{wBeschl} = m \cdot a$$

Dabei läßt sich die Beschleunigung a so ermitteln, daß man zu zwei Zeitpunkten t_1 und t_2 die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 mißt und die auftretende Geschwindigkeitsdifferenz $\delta v = v_2 - v_1$ durch die Zeitdifferenz $\delta t = t_2 - t_1$ teilt.

Somit gilt:

$$F_{wBeschl} = m \cdot \delta v / \delta t$$

Ausrollversuch

Der Ausrollversuch dient zur Ermittlung der Größen $c_w \cdot A$ und f_r . Der Fahrer muß hierzu auf eine vorgegebene Geschwindigkeit beschleunigen. Nun läßt er sich ausrollen, während die Aufzeichnung der Zeit, der Temperatur und dem Luftdruck über dem Weg stattfindet. Die sich daraus ergebende Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Zeit ist in Fig. 4 dargestellt.

Für den Luft- und Rollwiderstand gilt:

$$F_{wLuft,Roll} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v_{rel}^2 + f_r \cdot m \cdot g$$

Dieser Zusammenhang läßt sich vereinfacht folgendermaßen darstellen:

$$F_{wLuft,Roll} = b \cdot v_{rel}^2 + c$$

Dabei entsprechen:

$$b = 1,4 \cdot c_w \cdot A \cdot \rho$$

und

$$c = f_r \cdot m \cdot g$$

Aus den aufgezeichneten Daten lassen sich durch geeignete mathematische Operationen die Koeffizienten b und c bestimmen, die es erlauben, den Luft- und Rollwiderstand in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit zu berechnen ($F_{wLuft,Roll} = f(v_{rel})$).

Der Gesamtfahrwiderstand läßt sich nun in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit v_{rel} , der Steigung α und der Beschleunigung $\delta v / \delta t$ berechnen (Fig. 5).

$$F_w = F_{wLuft,Roll} + F_{wSteig} + F_{wBeschl}$$

$$F_w = b \cdot v_{rel}^2 + c + m \cdot g \sin \alpha_{Steig} + m \cdot \delta v / \delta t$$

Für die Leistung gilt:

$$P = F_w \cdot v \cdot \Phi$$

Somit läßt sich aus der gefahrenen Geschwindigkeit zu jedem Zeitpunkt die erbrachte Leistung ermitteln.

Die für die Leistungsermittlung mit dem Fahrrad-Daten-Recorder erforderlichen Größen $c_w \cdot A$ und f_{roll} werden mit Hilfe eines Ausrollversuchs für die individuelle Fahrer-Fahrzeug-Kombination bestimmt.

Die Masse von Fahrer und Fahrzeug und der mechanische Wirkungsgrad Φ wird über das Eingabefeld manuell eingegeben.

Aus den ermittelten Koeffizienten läßt sich eine mathematische Funktion (siehe oben) erstellen, welche die momentan erbrachte Leistung in Abhängigkeit von Fahrgeschwindigkeit, Staudruck, Luftdruck, Temperatur, Steigung und Beschleunigung berechnet.

Durch diese Messung ist der FDR in der Lage, die am Ende einer Trainingseinheit erbrachte Leistung und Arbeit darzustellen. Dadurch kann der Fahrer erkennen, ob er sein Leistungsziel erreicht hat.

Patentansprüche

1. Mikroprozessor-gesteuertes Gerät für muskelbetriebene Fahrzeuge, vorzugsweise Fahrräder, im folgenden Fahrrad-Daten-Recorder genannt, zum Erfassen, Auswerten, Anzeigen und Aufzeichnen/Speichern von Fahrdaten wie, Weg, Zeit, Trittfre-

quenz, Puls, Neigung, Luftdruck, Geschwindigkeit, Tageskilometer, Gesamtkilometer, Durchschnittsgeschwindigkeit, Maximalgeschwindigkeit, Steigung, absolute Höhe und kumulierte Höhenmeter.

2. Gerät nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit relativ zur umgebenden Luft (True-Air-Speed) vorzugsweise durch die wahlweise Erfassung des Staudruckes (Drucksensor) oder der Luftströmung (Heißfilm-Anemometer).

3. Gerät nach einem oder beiden der Ansprüche 1. und 2, gekennzeichnet durch die Erfassung der Temperatur zur Korrektur von temperaturabhängigen Parametern (z. B. Luftdichte).

4. Gerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 3, gekennzeichnet durch die Möglichkeit zur Eingabe der Masse von Fahrer und Fahrzeug zur Leistungsberechnung.

5. Gerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 4, gekennzeichnet durch die Möglichkeit zur Eingabe des mechanischen Wirkungsgrades Φ zur Leistungsberechnung.

6. Gerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 5, gekennzeichnet durch die Möglichkeit der Ermittlung der Größen $c_w \cdot A$ und f_r mittels Ausrollversuch zur Leistungsberechnung.

7. Gerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 6, gekennzeichnet durch die Möglichkeit der Berechnung und Anzeige der vom Fahrer erbrachten oder zu erbringenden Leistung durch das Ermitteln des Fahrwiderstands zusammengesetzt aus Rollwiderstand, Luftwiderstand, Steigungswiderstand und Beschleunigungswiderstand.

8. Gerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 7, gekennzeichnet durch die Möglichkeit des Austausches jeglicher Daten mit einem Personal Computer.

9. Gerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 8, gekennzeichnet durch die Möglichkeit des Austausches jeglicher Daten per Sende-Empfangseinheit (Telemetrie) mit einem baugleichen Gerät oder einer externen mobilen oder stationären Sende-Empfangseinheit.

10. Gerät nach einem oder mehreren der Ansprüche 1. bis 9, gekennzeichnet durch die Möglichkeit, aktuell ermittelte Fahrdaten über die Anzahl der Radumdrehungen (= gefahrene Strecke) oder über die Fahrzeit den im Gerät gespeicherten Datensätzen von vorherigen Strecken zuzuordnen und diese während und/oder nach einer Fahrt auszuwerten und miteinander zu vergleichen.

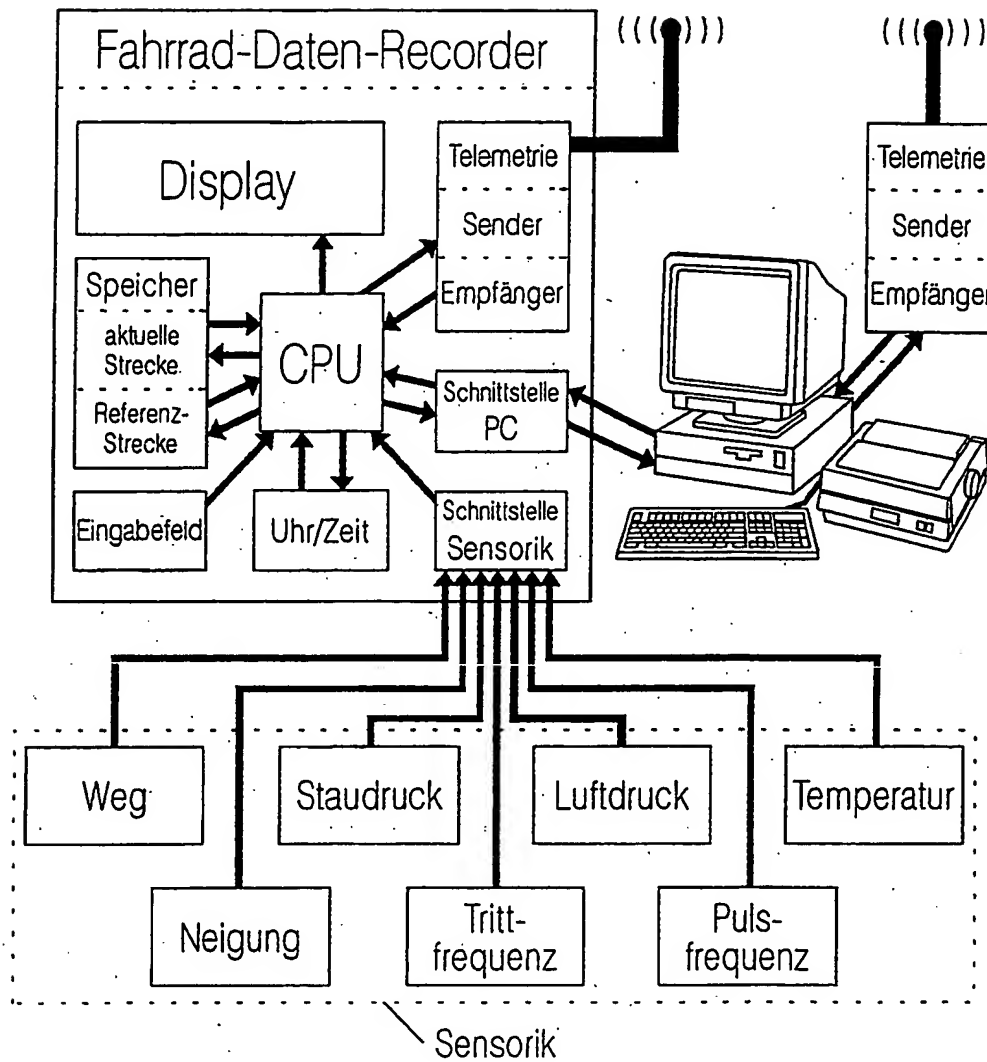
Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

55

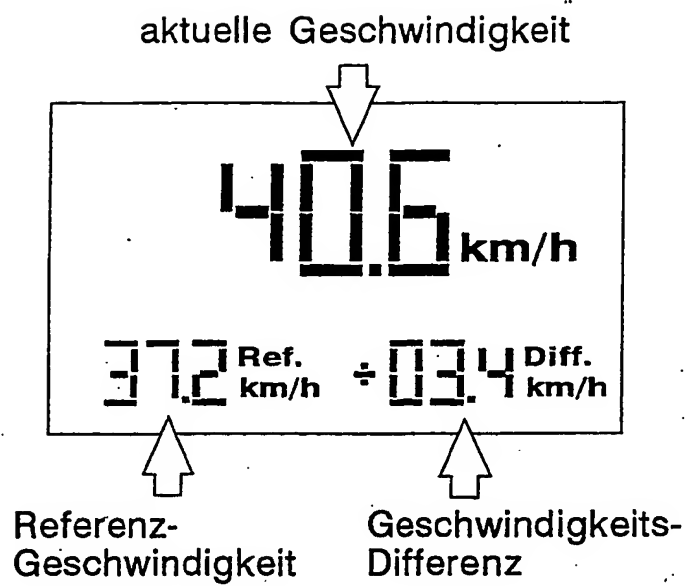
60

65

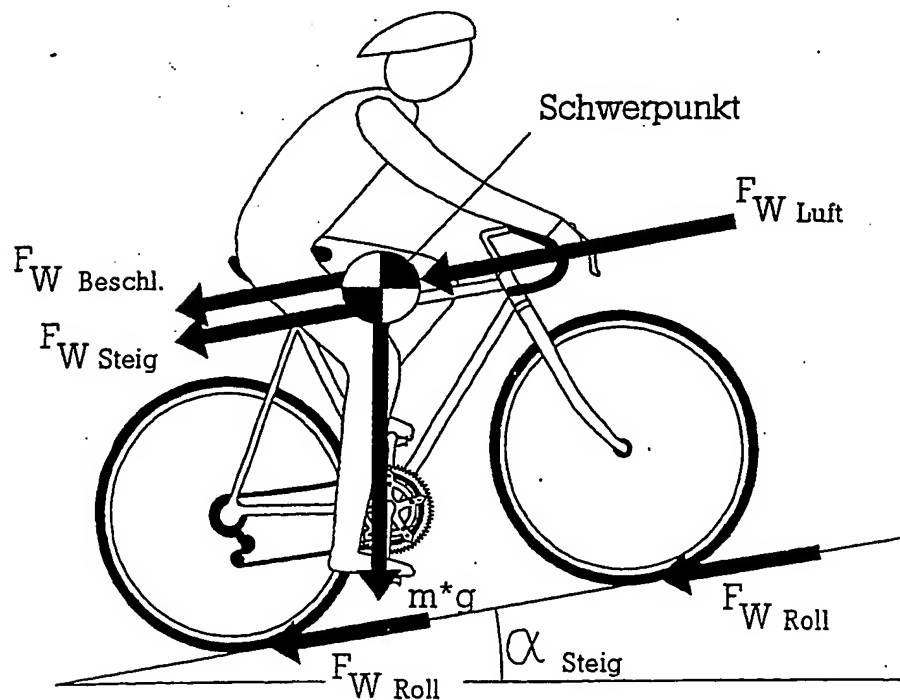
- Leerseite -



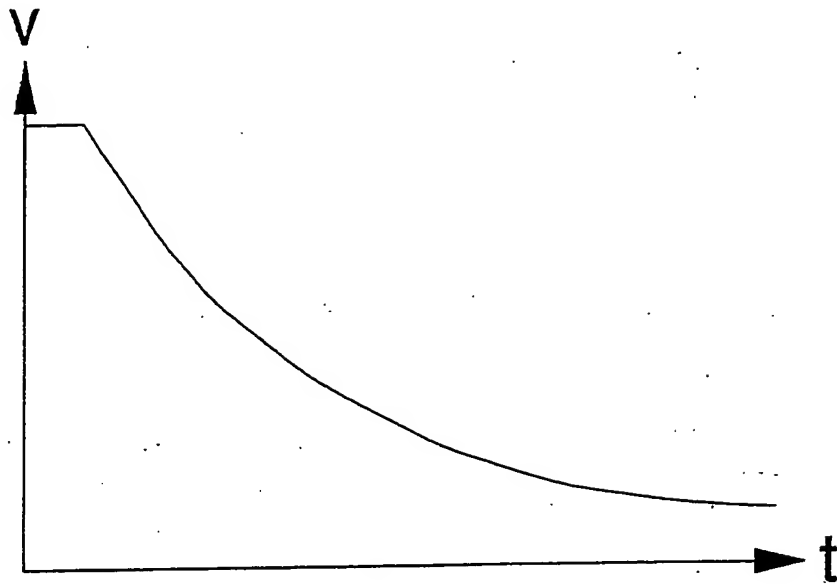
Figur 1: Fahrrad-Daten-Recorder, Blockschaftbild



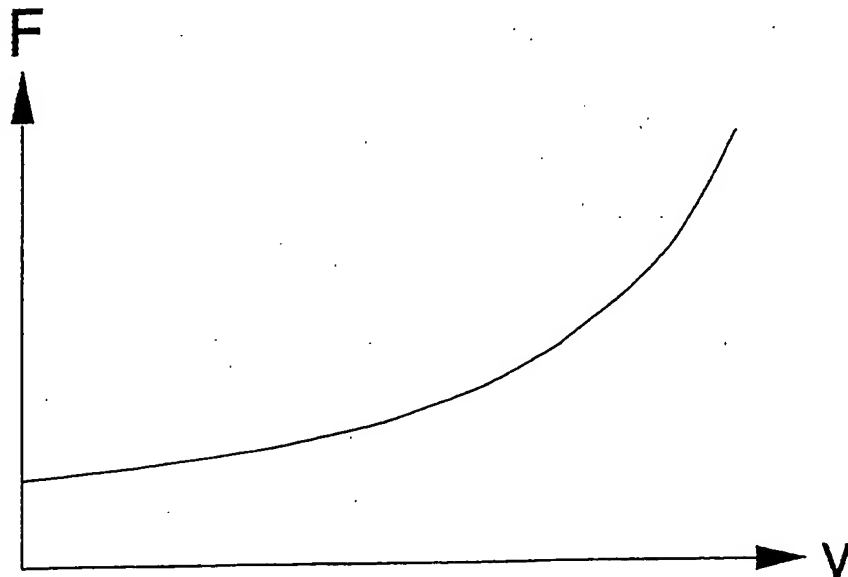
Figur 2: Display, Anzeige von aktueller, Referenz- und Differenz-Geschwindigkeit



Figur 3: Fahrwiderstände



Figur 4: Ausrollversuch: Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm



Figur 5: $F_{w\text{Luft,Roll}}$ in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit